

FATIGUE DETERMINATION DEVICE

Patent Number: JP2002065650
Publication date: 2002-03-05
Inventor(s): YANAI TATSUMI
Applicant(s): NISSAN MOTOR CO LTD
Requested Patent: JP2002065650
Application Number: JP20000266799 20000904
Priority Number(s):
IPC Classification: A61B5/18; A61B5/0245; A61B5/0452
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To determine an individual driver's fatigue correctly irrespectively of driving or stopping a car.

SOLUTION: A driver's fatigue is determined in the following order: At first, heart rates and pulsation intervals of a driver at the time of stopping and running are calculated based on the driver's pulsation signals. Then, based on the trend of change in a distribution area with the progress of time in the event that the heart rate and the change in pulsation interval obtained as a result in such arithmetic procession is deployed in a two-dimensional coordinate and whether or not there is any instantaneous increase in the heart rate, the fatigue of the driver is judged. This process not only allows determination of a driver's fatigue irrespectively of running car or stopping it but can perform adequate measures including alarming or getting the driver up. In addition, it is also possible to determine the driver's fatigue minutely step by step from an early sign of fatigue to exhaustion.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-65650
(P2002-65650A)

(43) 公開日 平成14年3月5日(2002.3.5)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
A 6 1 B	5/18	A 6 1 B	5/18 4 C 0 1 7
	5/0245		5/02 3 2 0 C 4 C 0 2 7
	5/0452		5/04 3 1 2 A 4 C 0 3 8

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-266799(P2000-266799)

(22) 出願日 平成12年9月4日(2000.9.4)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 柳井 達美

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(74) 代理人 100084412

弁理士 永井 冬紀

Fターム(参考) 4C017 AA02 AB03 AC16 BC21 BD01
CC03

4C027 AA02 DD07 GG16 GG18 KK03

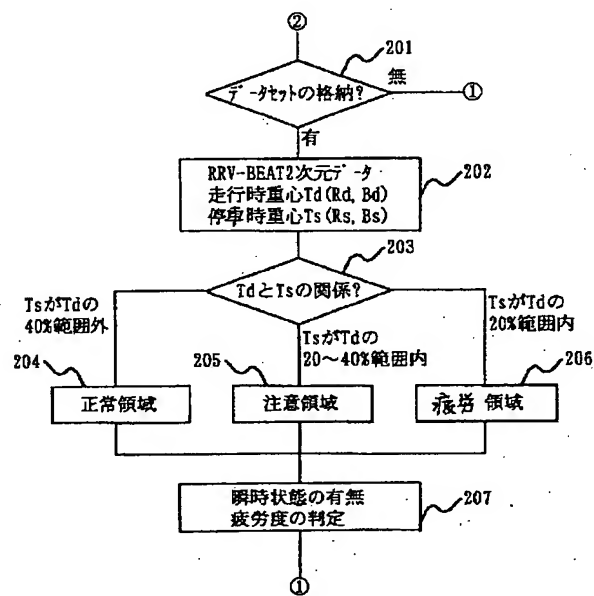
4C038 PP01 PQ03 PS01

(54) 【発明の名称】 疲労度判定装置

(57) 【要約】

【課題】 走行、停車状態に拘わらず運転者ごとの疲労度を正確に判定する。

【解決手段】 運転者の心拍信号に基づいて停車時および走行時の心拍数と拍動間隔の変動を演算し、演算結果の心拍数と拍動間隔変動を二次元座標に展開した場合の分布領域の時間的な推移傾向と、心拍数の瞬時増加の有無とに基づいて、運転者の疲労度を判定する。これにより、走行、停車状態に拘わらず疲労度を判定することができ、警告や運転者を覚醒させるための処置を適切な時期に行うことができる。また、疲労の前兆状態から困憊状態まで段階的にきめ細かに疲労度を判定することができる。



【図 10】

【特許請求の範囲】

【請求項1】運転者の心拍信号を測定する測定手段と、車速を検出する車速検出手段と、心拍信号に基づいて停車時および走行時の心拍数と拍動間隔の変動を演算する演算手段と、演算結果の心拍数と拍動間隔変動を二次元座標に展開した場合の分布領域の時間的な推移傾向と、心拍数の瞬時増加の有無とに基づいて、運転者の疲労度を判定する判定手段とを備えることを特徴とする疲労度判定装置。

【請求項2】請求項1に記載の疲労度判定装置において、前記判定手段は、心拍数と拍動間隔変動の二次元座標上で、停車時の分布領域と走行時の分布領域とが接近するほど運転者の疲労度が高いと判定することを特徴とする疲労度判定装置。

【請求項3】請求項1に記載の疲労度判定装置において、前記判定手段は、心拍数と拍動間隔変動の二次元座標上で、過去の停車時の分布領域と現在の停車時の分布領域とが離れるほど、運転者の疲労度が高いと判定することを特徴とする疲労度判定装置。

【請求項4】請求項1に記載の疲労度判定装置において、前記判定手段は、心拍数と拍動間隔変動の二次元座標上で、過去の走行時の分布領域と現在の走行時の分布領域とが離れるほど運転者の疲労度が高いと判定することを特徴とする疲労度判定装置。

【請求項5】請求項4に記載の疲労度判定装置において、走行中の道路種別を特定する道路種別特定手段を備え、前記判定手段は、心拍数と拍動間隔変動の二次元座標上で分布領域を道路種別と車速に応じて分類し、同一分類の過去と現在の走行時の分布領域に基づいて疲労度を判定することを特徴とする疲労度判定装置。

【請求項6】請求項1～5のいずれかの項に記載の疲労度判定装置において、前記判定手段は、心拍数の瞬時増加が有る場合は運転者の疲労度が高いと判定することを特徴とする疲労度判定装置。

【請求項7】請求項1～6のいずれかの項に記載の疲労度判定装置において、運転者を特定する運転者特定手段を備え、前記演算手段は運転者ごとの心拍数と拍動間隔変動を演算し、前記判定手段は運転者ごとの心拍数と拍動間隔変動を二次元座標に展開した場合の分布領域の時間的な推移傾向と、心拍数の瞬時増加の有無とに基づいて、運転者の疲労度を判定することを特徴とする疲労度判定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は車両運転時などの疲労度を判定する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】停車時に光源の点滅周波数を変化させて運転者が点滅を認識できなくなるフリッカー値を検出し、検出したフリッカー値に基づいて車両運転時の疲労度を判定する装置が知られている（例えば、特開平07-101235号公報参照）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の疲労度判定装置では、走行時に疲労度を判定することができないので、警告や運転者を覚醒させるための処置を適切な時期に行うことができないという問題がある。

【0004】また、従来の疲労度判定装置では、運転者を特定していないので個人差を考慮した正確な疲労度の判定が行えないという問題がある。

【0005】さらに、フリッカー値を検出したときの状況が記録されないので、不適当な検出値に基づいて疲労度の判定を行うことがあり、判定精度にばらつきがあるという問題がある。

【0006】本発明の目的は、走行、停車状態に拘わらず運転者ごとの疲労度を正確に判定することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】発明の第1の実施の形態および第2の実施の形態の構成を示す図1および図11に対応づけて本発明を説明すると、

(1) 請求項1の発明は、運転者の心拍信号を測定する測定手段2と、車速を検出する車速検出手段3と、心拍信号に基づいて停車時および走行時の心拍数と拍動間隔の変動を演算する演算手段4と、演算結果の心拍数と拍動間隔変動を二次元座標に展開した場合の分布領域の時間的な推移傾向と、心拍数の瞬時増加の有無とに基づいて、運転者の疲労度を判定する判定手段4とを備え、これにより上記目的を達成する。

(2) 請求項2の疲労度判定装置は、判定手段4によって、心拍数と拍動間隔変動の二次元座標上で、停車時の分布領域と走行時の分布領域とが接近するほど運転者の疲労度が高いと判定するようにしたものである。

(3) 請求項3の疲労度判定装置は、判定手段4によって、心拍数と拍動間隔変動の二次元座標上で、過去の停車時の分布領域と現在の停車時の分布領域とが離れるほど、運転者の疲労度が高いと判定するようにしたものである。

(4) 請求項4の疲労度判定装置は、判定手段4によって、心拍数と拍動間隔変動の二次元座標上で、過去の走行時の分布領域と現在の走行時の分布領域とが離れるほど運転者の疲労度が高いと判定するようにしたものである。

(5) 請求項5の疲労度判定装置は、走行中の道路種

別を特定する道路種別特定手段8を備え、判定手段4によつては、心拍数と拍動間隔変動の二次元座標上での分布領域を道路種別と車速に応じて分類し、同一分類の過去と現在の走行時の分布領域に基づいて疲労度を判定するようにしたものである。

(6) 請求項6の疲労度判定装置は、判定手段4によつて、心拍数の瞬時増加が有る場合は運転者の疲労度が高いと判定するようにしたものである。

(7) 請求項7の疲労度判定装置は、運転者を特定する運転者特定手段1を備え、演算手段4によつて運転者ごとの心拍数と拍動間隔変動を演算し、判定手段4によつて、運転者ごとの心拍数と拍動間隔変動を二次元座標に展開した場合の分布領域の時間的な推移傾向と、心拍数の瞬時増加の有無とに基づいて、運転者の疲労度を判定するようにしたものである。

【0008】上述した課題を解決するための手段の項では、説明を分かりやすくするために一実施の形態の図を用いたが、これにより本発明が一実施の形態に限定されるものではない。

【0009】

【発明の効果】(1) 請求項1の発明によれば、運転者の心拍信号に基づいて停車時および走行時の心拍数と拍動間隔の変動を演算し、演算結果の心拍数と拍動間隔変動を二次元座標に展開した場合の分布領域の時間的な推移傾向と、心拍数の瞬時増加の有無とに基づいて、運転者の疲労度を判定するようにしたので、走行、停車状態に拘わらず疲労度を判定することができ、警告や運転者を覚醒させるための処置を適切な時期に行うことができる。また、疲労の前兆状態から困憊状態まで段階的にきめ細かに疲労度を判定することができる。

(2) 請求項2の発明によれば、心拍数と拍動間隔変動の二次元座標上で、停車時の分布領域と走行時の分布領域とが接近するほど運転者の疲労度が高いと判定するようにした。運転者に継続的な精神負担が積み重なっていると、つまり運転者に蓄積した疲労があると、その疲労が重いほど心拍数と拍動間隔変動の二次元座標での停車時の分布領域と走行時の分布領域とが互いに接近する。したがって、停車時と走行時の分布領域が接近するほど疲労度が高いと判定することによって、請求項1の上記効果に加え、疲労度を正確に判定することができる。

(3) 請求項3の発明によれば、心拍数と拍動間隔変動の二次元座標上で、過去の停車時の分布領域と現在の停車時の分布領域とが離れるほど、運転者の疲労度が高いと判定するようにした。上述したように運転者に蓄積した疲労があると、その疲労が重いほど心拍数と拍動間隔変動の二次元座標での過去の停車時の分布領域と現在の停車時の分布領域とが離れていく。したがって、過去の停車時の分布領域と現在の停車時の分布領域とが離れるほど疲労度が高いと判定することによって、請求項1

の上記効果に加え、疲労度を正確に判定することができる。

(4) 請求項4の発明によれば、心拍数と拍動間隔変動の二次元座標上で、過去の走行時の分布領域と現在の走行時の分布領域とが離れるほど運転者の疲労度が高いと判定するようにした。運転者に蓄積した疲労があると、その疲労が重いほど心拍数と拍動間隔変動の二次元座標での過去の走行時の分布領域と現在の走行時の分布領域とが離れていく。したがって、過去の走行時の分布領域と現在の走行時の分布領域とが離れるほど疲労度が高いと判定することによって、請求項1の上記効果に加え、疲労度を正確に判定することができる。

(5) 請求項5の発明によれば、心拍数と拍動間隔変動の二次元座標上での分布領域を道路種別と車速に応じて分類し、同一分類の過去と現在の走行時の分布領域に基づいて疲労度を判定するようにしたので、請求項1の上記効果に加え、運転者の心拍信号を測定したときの車両の走行状況を考慮して疲労度の判定を正確に行うことができる。

(6) 請求項6の発明によれば、心拍数の瞬時増加が有る場合は運転者の疲労度が高いと判定するようにしたので、請求項1の上記効果に加え、運転者の疲労度を正確に判定することができる。

(7) 請求項7の発明によれば、運転者ごとの心拍数と拍動間隔変動を二次元座標に展開した場合の分布領域の時間的な推移傾向と、心拍数の瞬時増加の有無とに基づいて、運転者の疲労度を判定するようにしたので、請求項1の上記効果に加え、運転者の個人差を考慮して疲労度を正確に判定することができる。

【0010】

【発明の実施の形態】《発明の第1の実施の形態》本発明を車両運転時の疲労度を判定する装置に適用した第1の実施の形態を説明する。

【0011】図1は第1の実施の形態の構成を示す。運転者特定装置1は車両の運転者を特定するための装置である。運転者の特定方法には、スイッチやディスプレイ上のタッチスイッチなどにより運転者が直接、入力した運転者ごとのIDを読み込み、運転者を特定する方法や、ICカードやリモートコントロールキーを用いて車両ドアのアンロックやエンジン始動の許可判定を行うキーレスエントリー装置から運転者のIDを読み込み、運転者を特定する方法などがある。

【0012】心拍信号測定装置2は運転者の心拍信号(アナログ信号)を測定し、所定時間にわたって記憶する装置である。心拍信号の測定方法には、簡易的な測定用電極を運転者に直接装着して測定する方法や、ステアリングホイール上に電極を設置して測定する方法などがある。また、圧力式の脈動信号や光学式の脈波信号から心拍波形を測定することもできる。車速センサー3は車両の走行速度を検出する。この実施の形態では車速検出

値に基づいて車両が停車状態にあるのか、走行状態にあるのかを判断する。

【0013】処理装置4はCPU4a、メモリ4b、出力回路4cなどから構成されており、心拍信号に基づいて運転者ごとの疲労度を判定、出力する。CPU4aは、心拍信号測定装置2で測定した運転者の心拍信号を所定時間（この実施の形態では例えば30秒以上）蓄積し、所定の周波数（この実施の形態では例えば100Hz以上）でサンプリングする。さらに、サンプリングした心拍信号にフィルター処理（この実施の形態では例えば6～30Hzのバンドパスフィルター処理）を施す。こうして得られた心拍信号の中から図2に示すように所定のしきい値を超えた波をR波とし、その時間間隔を拍動間隔RRIとしてRRIデータを検出する。

【0014】なお、拍動間隔RRIは不規則に変動するため、RRIデータは時系列的に不規則なデータになる。そこで、必要に応じてRRIデータに補間処理を施し、規則的な時系列データに補正してもよい。また、心拍信号の蓄積時間、サンプリング周波数、フィルター処理はこの実施の形態に限定されない。

【0015】図3は拍動間隔RRIを検出する際の検出範囲を示す。運転者の心拍信号を測定するときの電極の接触不安定、電気的なノイズ、あるいは運転者自身の不整脈は、心拍信号波形を乱す原因となる。このような現象は拍動間隔RRIを検出するときの障害となるため、正常な拍動間隔RRIとして想定される検出範囲を図3に示すように設定する。すなわち、拍動間隔RRIの時系列データにおいて、今回検出された拍動間隔RRI(1)と前回検出された拍動間隔RRI(0)との間に、

【数1】

$0.5RRI(0) < RRI(1) < 1.5RRI(0)$
の関係が満たされる場合のみ正常な拍動間隔RRIデータとして採用する。一方、上記の関係が満たされない場合は不整脈やノイズが混入した拍動間隔RRIデータであると判断し、心拍信号の測定をやり直す。このように、拍動間隔RRIの検出範囲を設定することによって、正常な拍動間隔RRIデータを得ることができる。

【0016】検出したRRIデータに基づいて拍動間隔RRIの平均値を次式により演算する。

【数2】

$$\overline{RRI} = \frac{1}{N} \sum (RRI)$$

また、算出した拍動間隔RRIの平均値に基づいて次式により区間平均心拍数BEATを演算する。

【数3】

$$BEAT = \frac{60}{\overline{RRI}}$$

さらに、拍動間隔RRIとその平均値に基づいて、次式により拍動間隔RRIの変動を表す心拍ゆらぎRRVを演算する。

【数4】

$$RRV = \frac{\overline{(RRI^2)} - (\overline{RRI})^2}{(\overline{RRI})^2}$$

【0017】なお、この実施の形態では、所定時間の拍動間隔RRIの変動を、数式4により拍動間隔RRIの分散として演算する例を示したが、拍動間隔RRIの変動の演算方法はこの実施の形態に限定されず、例えば拍動間隔RRIの標準偏差を算出して拍動間隔RRIの変動としてもよい。

【0018】演算結果の停車時および走行時の拍動間隔RRIの平均値、区間平均心拍数BEATおよび心拍ゆらぎRRVは、運転者ごとにメモリ4bに記憶される。CPU4aはメモリ4bに記憶された演算結果に基づいて運転者の疲労度を判定し、ディスプレイ5に表示して運転者に報知するとともに、スピーカー6により音声案内を行う。さらに、運転者の疲労度に応じて空調装置7を制御する。

【0019】ここで、この実施の形態の疲労度の判定方法について説明する。まず、車両運転時に蓄積する疲労について考える。車両の運転は軽作業に分類できる程度の作業内容であり、基本的には継続的な認知および判断を要する精神的な作業である。精神的な作業には精神負担をともなうが、精神負担には一時的な精神負担と継続的な精神負担とが存在する。一時的な精神負担とは、例えば運転作業中に緊張し、休憩すればリラックスするといった一時的に発生する負担である。一方、継続的な精神負担とは、背景に残存する精神負担のことであり、蓄積する疲労はその一種である。継続的な精神負担状態では、上述した運転作業中に緊張し、休憩によりリラックスするという法則は成立しにくく、運転作業中に緊張しなかったり、休憩中も緊張状態が残存する状態が続く傾向にある。

【0020】ところで、精神負担と自律神経系の相関が高いことを利用して、心臓の拍動間隔の変化から自律神経系の活動を判定しようとする試みがある。この場合、継続的な精神負担はこの拍動間隔を前値と比較することにより推定を行う。しかし、上述したように、精神負担には一時的なものと継続的なものがあり、しかも、継続的な精神負担は一時的な精神負担の背景に潜んでいる。したがって、精神負担の判定を正確に行うためには、一時的な精神負担と継続的な精神負担とをそれぞれ別個に取り扱う必要がある。そこで、この実施の形態では心拍信号を測定すると同時に車両の状況を検出し、車両の状況を考慮して運転者の疲労度を判定する。

【0021】次に、図4および図5により、車両の状況と運転者の区間平均心拍数BEATおよび心拍ゆらぎRRVから運転者の状態の推移傾向を判定する原理を説明する。今、図4に示すように走行1→停車1→走行2→停車2→走行3→停車3→走行4という運転状況があっ

たとする。走行1は郊外を区間平均速度60km/hで走行、走行2は市街地で渋滞に巻き込まれて区間平均速度20km/hで走行、走行3は郊外を区間平均速度55km/hでそれぞれ走行した場合、走行1と走行3の状況は運転者にはほぼ同じ程度の精神負担を与えるものであり、走行1での緊張状態は走行3でも持続されていなければならない。

【0022】また、停車1と停車2が郊外で信号待ちのみで停車した場合だとすると、停車1での精神負担の緩和によるリラクセスは停車2でも持続されているはずである。しかし、渋滞の走行2の結果、走行3では走行1ほどの緊張状態が持続できていなかったり、渋滞の走行2の影響で停車1より停車2の状態がリラクセスできていなかった場合、運転者に蓄積する疲労状態は前回の同一走行状況に比較して進んだと考えることができる。

【0023】区間平均心拍数BEATと心拍ゆらぎRRVを図5に示すように二次元座標上に展開すると、図4に示す走行、停車区間ごとに分布領域が決まる。精神負担が増大する方向は矢印で示す方向であるから、分布領域が左上にあるほど緊張状態すなわち精神集中状態にあり、逆に分布領域が右下にあるほどリラクセス状態にあることを示す。

【0024】図4に示すような運転状況では、走行時に精神負担が増大してBEATとRRVの分布領域が左上に推移し、停車時に精神負担が減少してBEATとRRVの分布領域が右下に推移する。ところが、走行状態から停車状態になったときに、上述した継続的な精神負担が残っていると、停車時の分布領域が十分に右下に推移せず、停車時の分布領域が走行時の分布領域に近接した状態のままとなる。つまり、継続的な精神負担が積み重なって運転者の疲労度が高くなるほど、走行時の分布領域と停車時の分布領域とが接近してくる。このことから、走行時と停車時のBEATとRRVの分布領域の推移傾向によって運転者の疲労度を判定することができる。

【0025】ただし、このような推移傾向はあくまでも運転者の傾向のみを示すもので、その運転者の能力限界を示すものではない。能力限界もまた個人差があり、体調によっても変化する。能力限界へ至る過程が覚醒度低下状態と考えられるが、車両運転時は通常の覚醒度低下状態と異なり、瞬時心拍数の急激な増加が散見されるという特徴がある。これは、運転者が覚醒しなければいけないという意識との葛藤の結果生じる現象である。

【0026】図6は、車両運転時の覚醒度低下状態における瞬時心拍数の発生の様子を示す。この現象は一時的な精神負担の特に急激な変化であり、この現象が生じた運転者は能力限界に近いと判定できる。ただし、このような瞬時の状態に基づく判定だけでは、例えば脇見をしたことによる瞬時心拍数の急激な増加と区別できないため、蓄積した疲労状態を正確に判定するためには瞬時状

態と推移傾向とに基づいて判定する必要がある。

【0027】図7は、走行、停車区間ごとの区間平均心拍数BEATと心拍ゆらぎRRVの分布領域の推移傾向を示す図である。この実施の形態では、走行時と停車時の区間平均心拍数BEATと心拍ゆらぎRRVの二次元座標上における分布領域の接近度合いによって、運転者の疲労状態を3つの領域に区分する。走行時と停車時の分布領域が最も離れた状態を正常領域とし、以下、両分布領域が接近するほど注意領域、疲労領域とする。このような区間平均心拍数BEATと心拍ゆらぎRRVの分布領域の推移傾向に加え、上述した瞬時状態発生の有無を考慮することによって、各領域において覚醒度低下による運転注意能力限界に近づいているかどうかを判定できる。この結果、運転者の疲労度を前兆状態から疲労困憊状態まで段階的に判定することができる。

【0028】さらに、疲労度の判定結果を運転者の疲労を回復させるための種々の車載制御装置へ応用することができる。この実施の形態では空調装置への応用を例に上げて説明する。図8は疲労度の判定結果に基づいて空調装置を制御するためのテーブルを示す。このテーブルによれば、区間平均心拍数BEATと心拍ゆらぎRRVの分布領域の推移傾向が疲労領域にあり、かつ上記瞬時状態が発生しているときは疲労困憊状態にあると判定する。このときは、空調装置の作動を“強”にして車室内温度を急激に下げ、運転者の覚醒を促す。

【0029】また、上記分布領域の推移傾向が疲労領域にあり、かつ上記瞬時状態が発生していないとき、あるいは分布領域の推移傾向が注意領域へ推移し、かつ瞬時状態が発生しているときは、運転者の疲労度は中程度にあると判定する。このときは、空調装置の作動を“中”にして車室内温度を下げ、運転者の覚醒を促す。さらに、上記分布領域の推移傾向が注意領域にあり、かつ瞬時状態が発生していないとき、あるいは分布領域の推移傾向が正常領域にあり、かつ瞬時状態が発生しているときは、運転者の疲労度は少ないと判定する。このときは、空調装置の作動を“弱”にして車室内温度をわずかに下げる。

【0030】なお、上記分布領域の推移傾向が正常領域にあって、かつ瞬時状態が発生していないときは、運転者は疲労していないと判定する。このときは、空調装置の作動は不要、もしくは現状のままとする。

【0031】図9、図10は疲労度判定処理を示すフローチャートである。これらのフローチャートにより、第1の実施の形態の動作を説明する。ステップ101において、イグニッションキースイッチ（不図示）がオンすると、CPU4aはこの疲労度判定処理の実行を開始する。続くステップ102で運転者特定装置1により運転者を特定する。ステップ103ではイグニッションキースイッチがオンされたままかどうかを確認し、オフされた場合はステップ104へ進み、この疲労度判定処理を

終了する。

【0032】一方、イグニッションキースイッチがオン状態のままであればステップ105へ進み、上述したように心拍信号測定装置2により運転者の心拍信号を測定する。続くステップ106では心拍信号を30秒以上蓄積したかどうかを確認し、蓄積されていない場合はステップ105へ戻って心拍信号の測定を続ける。心拍信号が30秒以上蓄積された場合はステップ107へ進み、心拍信号測定装置2に蓄積された心拍信号を100Hz以上の周波数でサンプリングし、処理装置4に取り込んでメモリ4bに記憶する。

【0033】ステップ108でメモリ4bに記憶した心拍信号データにフィルター処理を施し、上述したノイズや不整脈などの目的外信号を除去する。続くステップ109で、フィルター処理後の心拍信号データから所定のしきい値を超えた波をR波として検出し、R波の時間間隔を拍動間隔RR Iとして検出する。ステップ110では、検出した拍動間隔RR Iデータの中に上記数式1を満たさないデータがあるかどうかを確認し、数式1を満たさないデータがあれば不整脈やノイズが混入していると判断してステップ105へ戻り、心拍信号の測定をやり直す。

【0034】拍動間隔RR Iデータが数式1を満たす場合は、不整脈やノイズが混入していない正常なデータであると判断し、ステップ111へ進む。ステップ111では、車速センサー3で検出された車速が所定値以下か、つまり車両が停車状態か走行状態かを判定する。停車状態のときはステップ112へ進み、検出したRR Iデータを停車状態における正常なRR Iデータとしてセットでメモリ4bに格納する。一方、走行状態のときはステップ113へ進み、検出したRR Iデータを走行状態における正常なRR Iデータとしてセットでメモリ4bに格納する。

【0035】次に図10のステップ201において、停車状態の場合は以前の走行状態、走行状態の場合は以前の停車状態のRR Iデータセットがメモリ4bに格納されているかどうかを確認する。格納されていない場合は疲労度の判定ができないのでステップ105へ戻り、格納されている場合はステップ202へ進む。

【0036】ステップ202では、RRV-BEATの二次元データにおいて、走行時データセットの重心Td (Rd, Bd) と停車時データセットの重心Ts (Rs, Bs) を算出する。具体的には走行時データセットのRRVの平均値とBEATの平均値を求め、RRV-BEAT座標上の平均値座標を走行時データセットの重心Td (Rd, Bd) とする。同様に、停車時データセットのRRVの平均値とBEATの平均値を求め、RRV-BEAT座標上の平均値座標を停車時データセットの重心Ts (Rs, Bs) とする。

【0037】次にステップ203において、走行時と停

車時のデータセットの重心Td (Rd, Bd) とTs (Rs, Bs) の関係を判定する。具体的には、走行時データセットの重心Td (Rd, Bd) を中心とする $\pm P\%$ の領域を設定し、その領域と停車時データセットの重心Ts (Rs, Bs) の関係により判定する。例えば $\pm 20\%$ の領域は $0.8 < Rd < 1.2$ 、 $0.8 < Bd < 1.2$ の範囲の長方形とし、 $\pm 40\%$ の領域は $0.6 < Rd < 1.4$ 、 $0.6 < Bd < 1.4$ の範囲の長方形とする。なお、領域は長方形に限定されず、楕円や単純な円としてもよい。

【0038】停車時データセットの重心Tsが走行時データセットの重心Tdの $\pm 40\%$ 領域外の場合、つまり停車時のBEATとRRVの分布領域が走行時のBEATとRRVの分布領域から遠く離れている場合はステップ204へ進み、BEATとRRVの分布領域の推移傾向が正常領域にあると判定する。また、停車時重心Tsが走行時重心Tdの $\pm 20 \sim \pm 40\%$ 領域内にある場合はステップ205へ進み、上記分布領域の推移傾向が注意領域にあると判定する。さらに、停車時重心Tsが走行時重心Tdの $\pm 20\%$ 領域内にある場合、つまり停車時のBEATとRRVの分布領域と走行時のBEATとRRVの分布領域とが近接した状態にある場合はステップ206へ進み、BEATとRRVの分布領域の推移傾向が疲労領域にあると判定する。

【0039】ステップ207において、上述した瞬時心拍数の急峻な増加、すなわち瞬時状態の有無を検出し、瞬時状態の有無とBEATとRRVの分布領域の推移傾向とに基づいて図8に示すテーブルにより運転者の疲労度を判定する。

【0040】このように、運転者の心拍信号に基づいて停車時および走行時の区間平均心拍数BEATと拍動間隔の変動を示す心拍ゆらぎRRVとを演算し、演算結果の心拍数BEATと心拍ゆらぎRRVとを二次元座標に展開した場合の分布領域の時間的な推移傾向と、心拍数の瞬時増加の有無とに基づいて、運転者の疲労度を判定するようにしたので、走行、停車状態に拘わらず疲労度を判定することができ、警告や運転者を覚醒させるための処置を適切な時期に行うことができる。また、疲労の前兆状態から困憊状態まで段階的にきめ細かに疲労度を判定することができる。

【0041】《発明の第2の実施の形態》次に、ナビゲーション装置を用いて走行中の道路種別を特定し、走行道路と車速に応じて走行区間を区分し、各走行区間ごとに区間平均心拍数BEATと心拍ゆらぎRRVを検出するようにした第2の実施の形態を説明する。

【0042】図11は第2の実施の形態の構成を示す。なお、図1に示す機器と同様な機器に対しては同一の符号を付して相違点を中心に説明する。この第1の実施の形態では、ナビゲーション装置8により走行中の道路種別、すなわち一般道か高速道路かを特定する。

【0043】図12、図13は疲労度判定処理を示すフローチャートである。これらのフローチャートにより、第2の実施の形態の動作を説明する。なお、図9、図10に示すフローチャートと同様な処理を行うステップに対しては同一のステップ番号を付して相違点を中心に説明する。

【0044】ステップ101～112の処理は上述した図9に示す処理と同じである。車両が走行状態のときは、ステップ113Aでナビゲーション装置8により一般道を走行中か高速道路を走行中かを特定し、一般道を走行中のときはステップ114へ進み、高速道路を走行中のときはステップ115へ進む。一般道を走行中のときは、ステップ114で車速が30km/hより低い低速か、車速が30km/h以上、60km/h未満の中速かを判定する。低速走行中のときはステップ116へ進み、検出したRR Iデータを一般道低速走行時のデータとしてメモリ4bに格納する。また、中速走行中のときはステップ117へ進み、検出したRR Iデータを一般道中速走行時のデータとしてメモリ4bに格納する。

【0045】一方、高速道路を走行中のときは、ステップ115で車速が30km/h以上、60km/h未満の中速か、車速が60km/h以上の高速かを判定する。中速走行中のときはステップ118へ進み、検出したRR Iデータを高速道路中速走行時のデータとしてメモリ4bに格納する。また、高速走行中のときはステップ119へ進み、検出したRR Iデータを高速道路高速走行時のデータとしてメモリ4bに格納する。

【0046】次に図13のステップ201において、停車状態の場合は以前の停車状態、走行状態の場合は以前の走行状態のRR Iデータセットがメモリ4bに格納されているかどうかを確認する。格納されていない場合は疲労度の判定ができないのでステップ105へ戻り、格納されている場合はステップ208へ進む。

【0047】ステップ208で、車速センサー3で検出された車速が所定値以下か、つまり車両が停車状態か走行状態かを判定する。停車状態のときはステップ209へ進み、RRV-BEATの二次元データにおいて、以前の停車時（以下、停車時1と呼ぶ）データセットの重心Ts1（Rs1, Bs1）と現在の停車時（以下、停車時2と呼ぶ）データセットの重心Ts2（Rs2, Bs2）を算出する。なお、重心の算出方法は上述した第1の実施の形態の算出方法と同様であり、説明を省略する。

【0048】続くステップ210で、停車時1の重心Ts1と停車時2の重心Ts2の関係を判定する。この判定方法は上述した第1の実施の形態の判定方法と同様であり、説明を省略する。停車時2の重心Ts2が停車時1の重心Ts1の±20%領域内にある場合はステップ211へ進み、BEATとRRVの分布領域の推移傾向が正常領域にあると判定する。上述したように、運転者に継続的な精神負担がない場合は、以前の停車時も現在の停車

時も同様なリラックス状態にあり、以前の停車時の分布領域と現在の停車時の分布領域は近接した状態にある。逆に、以前の停車時の分布領域と現在の停車時の分布領域とが離れているほど、継続的な精神負担が積み重なっており、運転者の疲労状態が重くなっている。

【0049】停車時2の重心Ts2が停車時1の重心Ts1の±20～±40%領域内にある場合はステップ212へ進み、上記分布領域の推移傾向が注意領域にあると判定する。さらに、停車時2の重心Ts2が停車時1の重心Ts1の±40%領域外にある場合はステップ213へ進み、上記分布領域の推移傾向が疲労領域にあると判定する。

【0050】車両が走行状態にあるときはステップ214へ進み、現在の走行条件すなわち一般道低速走行、一般道中速走行、高速道路中速走行および高速道路高速走行のいずれかの走行条件が以前にあったかどうかを確認する。以前に現在の走行条件と同一の走行条件がない場合は、現在の走行条件におけるデータを比較する対象がなく、BEATとRRVの分布領域の推移傾向を判定することができないのでステップ105へ戻る。

【0051】一方、現在の走行条件と同一の走行条件が以前にあった場合はステップ215へ進み、RRV-BEATの二次元データにおいて、以前の走行時（以下、走行時1と呼ぶ）データセットの重心Td1（Rd1, Bd1）と現在の走行時（以下、走行時2と呼ぶ）データセットの重心Td2（Rd2, Bd2）を算出する。

【0052】続くステップ216で、走行時1の重心Td1と走行時2の重心Td2の関係を判定する。走行時2の重心Td2が走行時1の重心Td1の±20%領域内にある場合はステップ217へ進み、BEATとRRVの分布領域の推移傾向が正常領域にあると判定する。上述したように、運転者に継続的な精神負担がなく、以前の走行時の走行条件と現在の走行時の走行条件とが同一であれば、以前の走行時も現在の走行時も同様な緊張状態にあり、以前の走行時の分布領域と現在の走行時の分布領域は近接した状態にある。逆に、以前の走行時の分布領域と現在の走行時の分布領域とが離れているほど、継続的な精神負担が積み重なっており、運転者の疲労状態が重くなっている。

【0053】走行時2の重心Td2が走行時1の重心Td1の±20～±40%領域内にある場合はステップ218へ進み、上記分布領域の推移傾向が注意領域にあると判定する。さらに、停車時2の重心Td2が停車時1の重心Td1の±40%領域外にある場合はステップ219へ進み、上記分布領域の推移傾向が疲労領域にあると判定する。

【0054】ステップ220において、上述した瞬時心拍数の急峻な増加、すなわち瞬時状態の有無を検出し、瞬時状態の有無とBEATとRRVの分布領域の推移傾向とに基づいて図8に示すテーブルにより運転者の疲労

度を判定する。

【0055】このように、区間平均心拍数BEATと心拍ゆらぎRRVの二次元座標上での分布領域を道路種別と車速に応じて分類し、同一分類の過去と現在の走行時の分布領域に基づいて疲労度を判定するようにしたので、第1の実施の形態の上記効果に加え、運転者の心拍信号を測定したときの車両の走行状況を考慮して疲労度の判定を正確に行うことができる。

【0056】なお、上述した一実施の形態では車両の運転者の疲労度を判定する例を示したが、本願発明は車両の運転者に限定されず、例えばクレーンなどの一般産業機械の運転者の疲労度を判定する場合にも適用することができ、同様な効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の実施の形態の構成を示す図である。

【図2】 拍動間隔RRIの検出方法を説明するための図である。

【図3】 拍動間隔RRIの検出方法を説明するための図である。

【図4】 走行状況の一例を示す図である。

【図5】 区間平均心拍数BEATと心拍ゆらぎRRVの二次元座標上の分布領域の一例を示す図である。

【図6】 瞬時心拍数の急峻な増加を示す図である。

【図7】 区間平均心拍数BEATと心拍ゆらぎRRV

の二次元座標上の分布領域の推移傾向を示す図である。

【図8】 疲労度判定テーブルを示す図である。

【図9】 第1の実施の形態の疲労度判定処理を示すフローチャートである。

【図10】 図9に続く、第1の実施の形態の疲労度判定処理を示すフローチャートである。

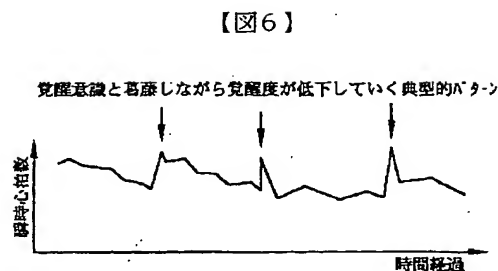
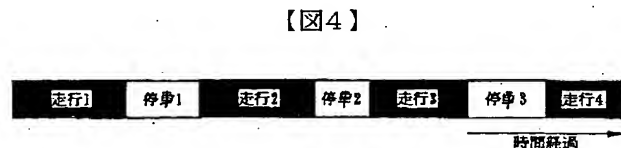
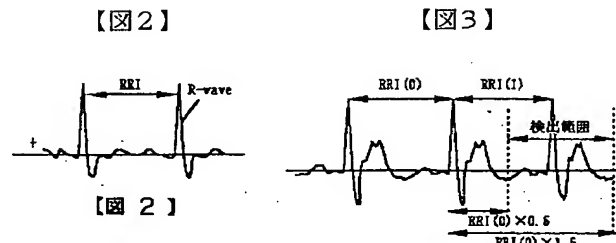
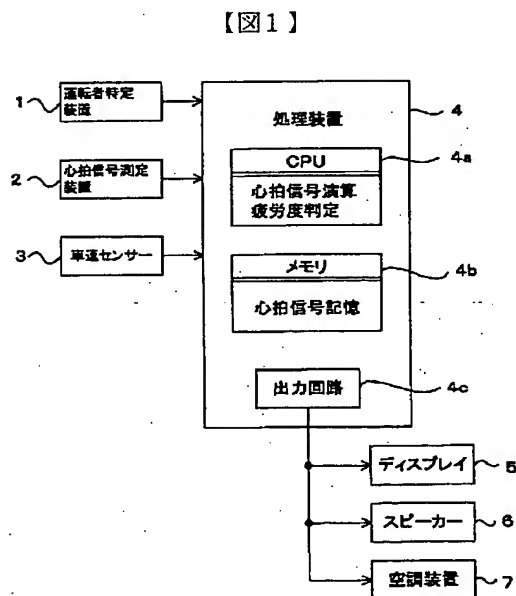
【図11】 第2の実施の形態の構成を示す図である。

【図12】 第2の実施の形態の疲労度判定処理を示すフローチャートである。

【図13】 図12に続く、第2の実施の形態の疲労度判定処理を示すフローチャートである。

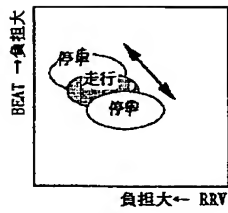
【符号の説明】

- 1 運転者特定装置
- 2 心拍信号測定装置
- 3 車速センサー
- 4 処理装置
- 4a CPU
- 4b メモリ
- 4c 出力回路
- 5 ディスプレイ
- 6 スピーカー
- 7 空調装置
- 8 ナビゲーション装置



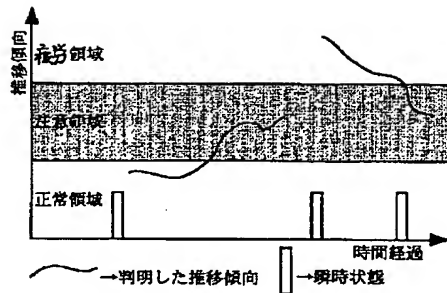
【図6】

【図5】



【図5】

【図7】



【図7】

【図8】

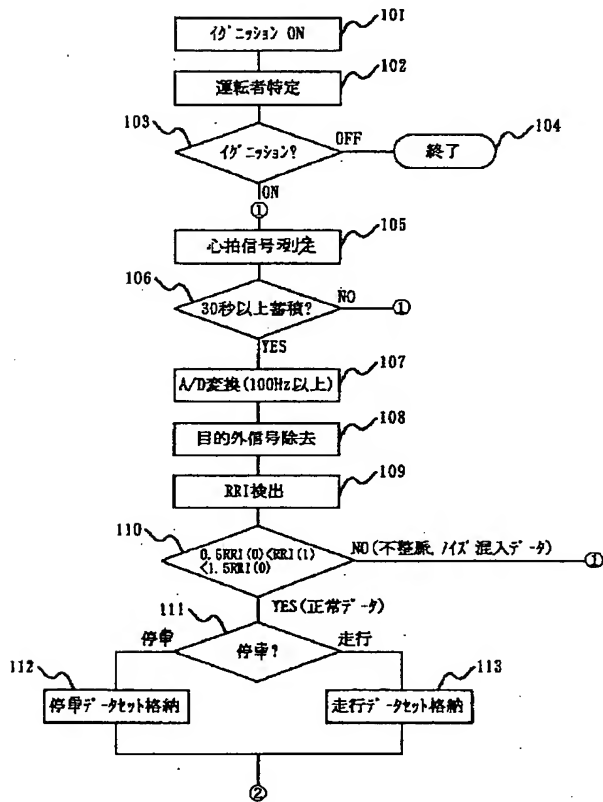
		推移傾向			
疲労度		正常	注意	疲労	不明
	有	○	△	×	△
	無	●	○	△	○

回復装置の制御として
例えば、

- …不要
- …作動(弱)
- △…作動(中)
- ×…作動(強)

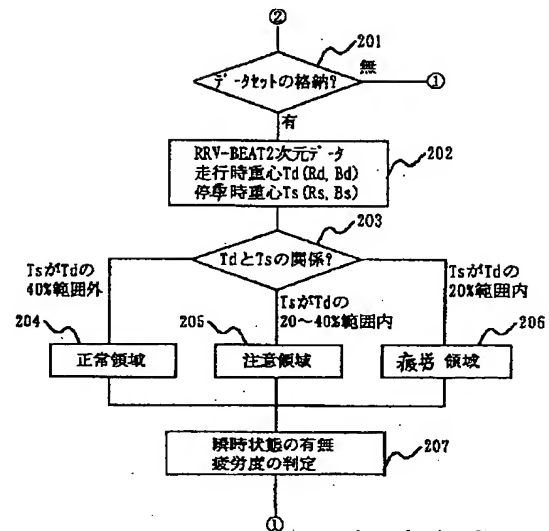
【図8】

【図9】



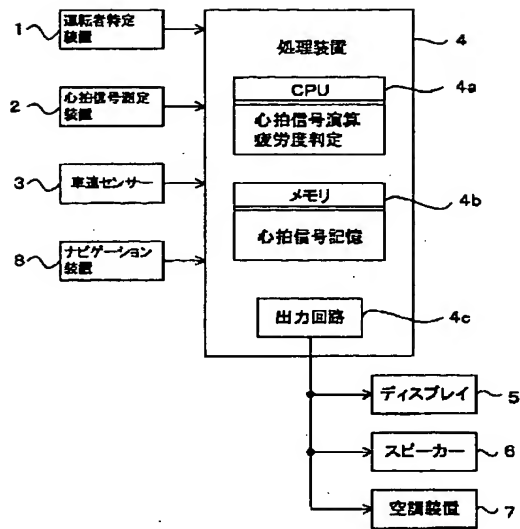
【図9】

【図10】



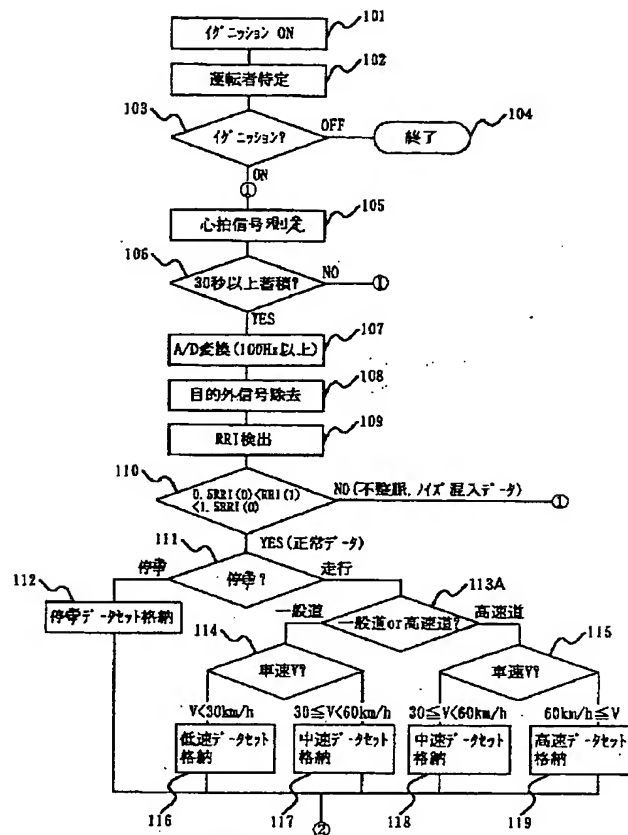
【図10】

【図11】



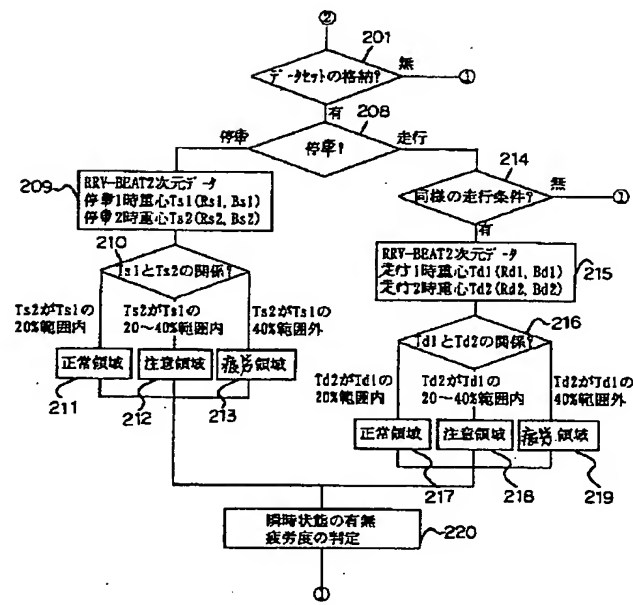
【図11】

【図12】



【図12】

【図13】



【図13】